



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Tetsuya NISHI et al.

Group Art Unit:

Serial No.:

Examiner:

Filed: April 17, 2001

For: OPTICAL SWITCH EXPANDING METHOD, OPTICAL SWITCH, AND
OPTICAL CROSSCONNECTING APPARATUS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR
FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE WITH
THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)
herewith a certified copy of the following foreign application(s):

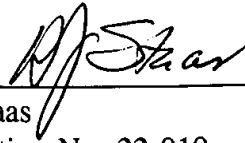
Japanese Patent Application No. 2000-313971
Filed: October 13, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements
of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,
STAAS & HALSEY LLP

Date: April 17, 2001

By: _____


H. J. Staas
Registration No. 22,010

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC971 U.S. PTO
09/835374



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年10月13日

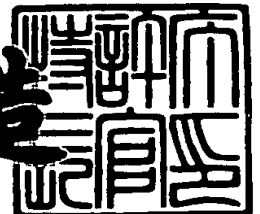
出願番号
Application Number: 特願2000-313971

出願人
Applicant(s): 富士通株式会社

2000年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3104971

【書類名】 特許願

【整理番号】 0051273

【提出日】 平成12年10月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04Q 3/52
G02F 1/29
H04J 14/00

【発明の名称】 光スイッチ拡張方法および光スイッチ、ならびに、光クロスコネクト装置

【請求項の数】 5

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
【氏名】 西 哲也

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
【氏名】 黒柳 智司

【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】
【識別番号】 100072718
【弁理士】
【氏名又は名称】 古谷 史旺
【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 013354
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704947

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スイッチ拡張方法および光スイッチ、ならびに、光クロスコネクタ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の 2 入力 2 出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、複数の入力ポートと複数の予備入力ポートと複数の出力ポートと複数の予備出力ポートとを形成する光マトリクススイッチ、を備える光スイッチの入出力数を増設する光スイッチ拡張方法において、

前記光マトリクススイッチを第 1 光マトリクススイッチとして、該第 1 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートに、前記第 1 光マトリクススイッチと同一構成である第 3 光マトリクススイッチにおける複数の入力ポートをそれぞれ接続するステップと、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の出力ポートに、前記第 3 光マトリクススイッチにおける複数の予備入力ポートにそれぞれ接続するステップと、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の出力ポートに、前記第 1 光マトリクススイッチと同一構成である第 4 光マトリクススイッチにおける複数の予備入力ポートをそれぞれ接続するステップと、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートに、前記第 4 光マトリクススイッチの複数の入力ポートをそれぞれ接続するステップとを備えることを特徴とする光スイッチ拡張方法。

【請求項 2】 複数の 2 入力 2 出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、複数の入力ポートと複数の予備入力ポートと複数の出力ポートと複数の予備出力ポートとを形成する第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチを備え、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートを前記第 3 光マトリクススイッチの複数の入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の出力ポートを前記第 3 光マトリクススイッチの複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の出力ポートを前記第 4 光マトリクススイッチの複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートを前記第 4 光マトリクススイッチの複数の入力ポートにそれぞれ接続してなること、
を特徴とする光スイッチ。

【請求項 3】 前記第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチは、クロスバー型の光マトリクススイッチであること
を特徴とする請求項 2 に記載の光スイッチ。

【請求項 4】 前記第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチは、パイ・ロス型の光マトリクススイッチであること
を特徴とする請求項 2 に記載の光スイッチ。

【請求項 5】 入力光を波長ごとに分離して複数の出力ポートから出力する複数の分波手段と、

複数の入力ポートから入力された光を波長多重する複数の合波手段と、
請求項 2 に記載の光スイッチとを備え、

前記光スイッチの複数の入力ポートに前記複数の分波手段における複数の出力ポートを接続し、

前記光スイッチの複数の出力ポートに前記複数の合波手段における複数の入力ポートを接続して成ること

を特徴とする光クロスコネクタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光スイッチに関し、光損失を低減することができる光スイッチの拡張方法および該拡張方法による光スイッチに関する。さらに、該光スイッチを備える光クロスコネクタ装置に関する。

近年、インターネットを始めとするマルチメディア通信が急速に普及している。通信技術の分野では、この急速な普及によるトラフィック量の激増に対応するため、超長距離通信と大容量通信とを可能とする光通信技術が鋭意に研究・開発されている。そして、更なるトラフィック量の増加に対応するため、時分割多重（TDM）伝送の高速化および波長分割多重（WDM）伝送の高密度多重化の取り組

みが行われている。これに応じて、光クロスコネクタ装置（光XC）も入出力数を拡張する必要がある、その核となる光スイッチ（光SW）の適切な拡張方法が要望されてる。

【0002】

【従来の技術】

光XCは、複数の入出力光伝送路を収容し、入力光伝送路から入力されたWDM光信号を、波長ごとに所望の出力光伝送路に方路を変更する（ルーティングする）装置である。この方路変更は、光SWによって行われるから、光XCの入出力ポートを拡張（増設）する場合には、光SWの入出力ポートを拡張する必要がある。

【0003】

図13は、従来の光スイッチの拡張方法を説明する図である。図13Aは、拡張前の4×4光マトリクススイッチ（光MSW）を示し、図13Bは、拡張後の8×8光MSWを示す。

図13において、4×4光SW1001は、16個の2×2光SW素子1002を4行4列のマトリクス状に配置して構成される。このようなマトリクス状の $n \times n$ （ n 整数）光SWを、特に、 $n \times n$ 光マトリクススイッチ（光MSW）と呼び、 $n \times n$ 光MSWを構成する最小単位である2×2光SWを2×2光SW素子と呼ぶことにする。

【0004】

従来、このような4入力4出力の4×4光MSW1001-1を8入力8出力の8×8光MSW1011に入出力ポートを拡張する場合には、さらに3個用意された光MSW1001-2～1001-4をマトリクス状に配置し、直交方向の隣接光MSW1001-1～1001-4間においてその入出力ポートを接続することで拡張していた。

【0005】

ここで、8×8光MSW1011の各光SW素子1002において、第1入力ポートから第8入力ポートまで順に行番号を割り振り、さらに、入力ポートに幾何学的に最も近い光SW素子から順に列番号を割り振る。そして、割り振られた

行番号および列番号を光SW素子1002に「行番号列番号」で添え字として付すことにする。例えば、図13Bにおいて、第2入力ポートの入力ポートから4番目の光SW素子1002は、第2行第4列であるから、1002-24 となり、第6入力ポートの入力ポートから8番目の光SW素子1002は、第6行第8列であるから、1002-68 となる。なお、図面の都合上、光SW素子1002に対する符号は、一部に限り付されている。

【0006】

そして、これら64個の光SW素子1002に対して、光MSW1011に入力された光信号を所望の出力ポートに出力することができるよう制御するための制御符号を次のように割り振る。すなわち、所望の出力ポートに出力するために切り換える光SW素子1002を「入力ポートの位置」と「出力ポートの位置」とで指定することができるよう割り振る。このような制御符号は、図13において、「S入力ポート番号出力ポート番号」で示されている。例えば、光SW素子1002-11 は、S11と割り振られ、第1ポートに入力する光信号を第1出力ポートに方路を切り換える場合には、S11である光SW1002-11 を切り換えればよく、光SW素子1002-75 は、S75と割り振られ、第7ポートに入力する光信号を第5出力ポートに方路を切り換える場合には、S75である光SW1002-75 を切り換えればよい。

【0007】

このような方法で4入力4出力の光MSW1001を8入力8出力に拡張した光MSW1011では、方路切り換えにおいて、最大で15個の光SW素子1002を透過することになり、光損失が大きい。例えば、第1入力ポートに入力する光信号を第8出力ポートに出力する場合では、S18である光SW素子1002-18 を切り換えることになるから、光信号は、光MSW1011において、15個の光SW素子1002-11、1002-12、1002-13、1002-14、1002-15、1002-16、1002-17、1002-18、1002-28、1002-38、1002-48、1002-58、1002-68、1002-78、1002-88 を透過する。光SW素子1002には、損失があるから大きな損失になってしまう。

【 0 0 0 8 】

一方、第 8 入力ポートに入力する光信号を第 1 出力ポートに方路を切り換えたい場合には、S 8 1 である光 S W 素子 1 0 0 2 -81 のみを切り換えるだけで済むから、かかる光信号は、光 M S W 1 0 1 1 において、1 個の光 S W 素子 1 0 0 2 -81 を透過する。

このため、1 個の光 S W 素子 1 0 0 2 を透過する場合と、1 5 個の光 S W 素子 1 0 0 2 を透過する場合とでは、光 M S W 1 0 1 1 の出力光レベルに光 S W 素子 1 0 0 2 の損失の略 1 4 個分だけ格差が生じる。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、光 M S W から出力される光信号は、光受信器の受光素子などの光部品に入力されるから、ある出力光レベルを確保しなければならない。そして、光 S W 素子には、損失がある。したがって、光 M S W で方路を切り換える場合において透過する最大の光 S W 素子の個数で光 M S W のスイッチサイズ（入出力数）が決まることになる。このため、従来の拡張方法および該拡張方法による光 M S W では、拡張にともない光 S W 素子の最大個数が増大して損失が激増するから、大きなスイッチサイズに拡張することができないという問題がある。

【 0 0 1 0 】

そして、光 M S W の各出力ポートの出力レベルに大きな格差があると、出力ポートに接続される光部品、例えば、光増幅器や受光素子などの入力ダイナミックレンジを大きくする必要があるという問題がある。あるいは、入力ダイナミックレンジ別に数種類の光部品を用意する必要があるという問題がある。

そこで、本発明では、従来より低損失で拡張することができる光 S W の拡張方法および該拡張方法で接続された光 S W、ならびに、該光 S W を用いた光 X C を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

そして、本発明では、各出力光レベルの格差が従来より小さく拡張することができる光 S W の拡張方法および該拡張方法で接続された光 S W、ならびに、該光 S W を用いた光 X C を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

図1は、本発明の原理構成図である。

【0013】

上述の目的は、図1において、複数の2入力2出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、複数の入力ポートPと複数の予備入力ポートXPと複数の出力ポートOと複数の予備出力ポートXOとを形成する第1ないし第4光マトリクススイッチ11-1～11-4を備え、第1光マトリクススイッチ11-1の複数の予備出力ポートXPを第3光マトリクススイッチ11-3の複数の入力ポートPにそれぞれ接続し、第2光マトリクススイッチ11-2の複数の出力ポートOを第3光マトリクススイッチ11-3の複数の予備入力ポートXPにそれぞれ接続し、第1光マトリクススイッチ11-1の複数の出力ポートOを前記第4光マトリクススイッチ11-4の複数の予備入力ポートXPにそれぞれ接続し、第2光マトリクススイッチ11-2の複数の予備出力ポートXOを第4光マトリクススイッチ11-4の複数の入力ポートPにそれぞれ接続して成る光スイッチによって達成される。

【0014】

ここで、光MSW11は、例えば、クロスバー型の光スイッチやパイ・ロス型の光スイッチなどを利用することができ、光SW素子は、例えば、導波路型の光スイッチや半導体型の光スイッチや光微少電気機械システムの光スイッチなどを利用することができる。

4個の $n \times n$ 光MSW11を従来の拡張方法によって接続して構成した $2n \times 2n$ 光MSWでは、方路を切り換える場合において、最大で3個の $n \times n$ 光MSW11を透過し、最小で1個の $n \times n$ 光MSW11を透過するが、このような拡張方法によって接続して構成した $2n \times 2n$ 光MSW21では、常に2個の $n \times n$ 光MSW11を透過するので、従来に較べ損失を低減することができる。さらに、各出力ポート間における出力光レベルの格差を少なくすることができる。

【0015】

そして、このような $2n \times 2n$ 光MSW21の入力ポートに、入力光を波長ごとに分離する複数の分波部における複数の出力ポートを接続し、さらに、 $2n \times$

2 n 光 M S W 2 1 の出力ポートに、複数の入力ポートから入力された光を波長多重する複数の合波部における複数の入力ポートを接続することで光クロスコネクト装置を構成することもできる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。なお、各図において、同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

(第 1 の実施形態の構成)

第 1 の実施形態は、本発明にかかる光 X C の実施形態である。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、第 1 の実施形態の光 X C の構成（クロスバースイッチの場合）を示す図である。

図 3 は、第 1 の実施形態の光 X C における制御符号対応テーブル（クロスバースイッチの場合）を示す図である。

図 2 および図 3 において、光 X C 3 1 は、光分波器（D E M U X）4 1 -1、4 1 -2、8 × 8 光 M S W 3 2、光合波器（M U X）4 3 -1、4 3 -2、制御回路 4 4 およびメモリ 4 5 を備えて構成される。

【 0 0 1 8 】

D E M U X 4 1 は、波長の異なる複数の光信号から構成される入射光を波長に応じて複数の出力ポートに射出する光受動部品である。本実施形態では、D E M U X 4 1 は、第 1 ないし第 4 出力ポートを備える。D E M U X 4 1 -1 の入力ポートは、光伝送路 4 6 -1 が接続され、D E M U X 4 1 -2 の入力ポートは、光伝送路 4 6 -2 が接続される。D E M U X 4 1 -1 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光 M S W 3 2 の第 1 ないし第 4 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続され、D E M U X 4 1 -2 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光 M S W 3 2 の第 5 ないし第 8 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続される。

【 0 0 1 9 】

8 × 8 光 M S W 3 2 は、8 入力 8 出力の光交換スイッチであり、4 個の第 1 ないし第 4 の 4 × 4 光 M S W 4 2 を備えて構成される。

光MSW42は、4入力4出力のクロスバースイッチであり、16個の 2×2 光SW素子49を4行4列でマトリクス状に配置することで構成される。 2×2 光SW素子49をマトリクス状に配置するので、マトリクス状の2辺に配置された光SW素子を入力ポートおよび出力ポートに当てると、入力可能なポートと出力可能なポートとが残りの2辺に配置された光SW素子に残ることになる。これらを予備入力ポートおよび予備出力ポートに当てることができる。光SW素子49は、入力端子aと出力端子dと接続しかつ入力端子bと出力端子cとを接続するクロス状態、および、入力端子aと出力端子cと接続しかつ入力端子bと出力端子dとを接続するバー状態を備えることで光路を切り換える。

【0020】

光SW素子49は、例えば、機械式光スイッチや光導波路スイッチなどを利用することができる。

機械式光スイッチは、プリズム、ロッドレンズおよび鏡などの微少光学素子や光ファイバ自体を移動・回転させることによって光路を切り換える光学部品である。さらに、近年では、半導体微細加工技術を用いて光導波路間に屈折率整合液を封入して該整合液を機械的に動かしたり、鏡を静電アクチュエータで動かしたりする光微少電気機械システム (Opto Micro ElectroMechanical Systems) の光スイッチもある。

【0021】

光導波路スイッチは、例えば、光導波路でマッハ・ツェンダ型干渉型を構成し、各光導波路アームに電界を印加することによって各光導波路アームの屈折率を変化させ、光路を切り換える光学部品である。ここで、熱光学効果により光導波路アームの屈折率を変化させる場合には、シリコン基板に形成された石英系光導波路が利用され、電気光学効果により光導波路アームの屈折率を変化させる場合には、強誘電体のニオブ酸リチウム基板に形成されたチタン系光導波路が利用される。また、キャリア注入による屈折率変化を利用した半導体光スイッチや光半導体増幅器をオン・オフのゲートとして用いた分配合流型の半導体光スイッチも知られている。

【0022】

第1光MSW4 2-1の第1ないし第4入力ポートP1～P4は、光MSW3 2の第1ないし第4入力ポートとして、DEMUX4 1-1の各出力ポートに1対1でそれぞれ接続される。第1光MSW4 2-1の第1ないし第4出力ポートO1～O4は、第4光MSW4 2-4の第1ないし第4予備入力ポートXP1～XP4に1対1でそれぞれ接続される。すなわち、第1光MSW4 2-1の第1出力ポートO1は、第4光MSW4 2-4の第1予備入力ポートXP1に接続され、第1光MSW4 2-1の第2出力ポートO2は、第4光MSW4 2-4の第2予備入力ポートXP2に接続され、第1光MSW4 2-1の第3出力ポートO3は、第4光MSW4 2-4の第3予備入力ポートXP3に接続され、そして、第1光MSW4 2-1の第4出力ポートO4は、第4光MSW4 2-4の第4予備入力ポートXP4に接続される。第1光MSW4 2-1の第1ないし第4予備出力ポートXO1～XO4は、第3光MSW4 2-3の第1ないし第4入力ポートP1～P4に1対1でそれぞれ接続される。すなわち、第1光MSW4 2-1の第1予備出力ポートXO1は、第3光MSW4 2-3の第1入力ポートP1に接続され、第1光MSW4 2-1の第2予備出力ポートXO2は、第3光MSW4 2-3の第2予備入力ポートP2に接続され、第1光MSW4 2-1の第3予備出力ポートXO3は、第3光MSW4 2-3の第3入力ポートP3に接続され、そして、第1光MSW4 2-1の第4予備出力ポートXO4は、第3光MSW4 2-3の第4入力ポートP4に接続される。

【0023】

一方、第2光MSW4 2-2の第1ないし第4入力ポートP1～P4は、光MSW3 2の第5ないし第8入力ポートとして、DEMUX4 1-2の各出力ポートに1対1でそれぞれ接続される。第2光MSW4 2-2の第1ないし第4出力ポートO1～O4は、第3光MSW4 2-3の第1ないし第4予備入力ポートXP1～XP4に1対1でそれぞれ接続される。すなわち、第2光MSW4 2-2の第1出力ポートO1は、第3光MSW4 2-3の第1予備入力ポートXP1に接続され、第2光MSW4 2-2の第2出力ポートO2は、第3光MSW4 2-3の第2予備入力ポートXP2に接続され、第2光MSW4 2-2の第3出力ポートO3は、第3光MSW4 2-3の第3予備入力ポートXP3に接続され、そして、第2光MSW4 2-2の第4出力ポートO4は、第3光MSW4 2-3の第4予備入力ポートXP4

に接続される。第 2 光MSW 4 2-2の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1 ~ XO4 は、第 4 光MSW 4 2-4の第 1 ないし第 4 入力ポートP1 ~ P4 に 1 対 1 でそれぞれ接続される。すなわち、第 2 光MSW 4 2-2の第 1 予備出力ポートXO1 は、第 4 光MSW 4 2-4の第 1 入力ポートP1 に接続され、第 2 光MSW 4 2-2の第 2 予備出力ポートXO2 は、第 4 光MSW 4 2-4の第 2 予備入力ポートP2 に接続され、第 2 光MSW 4 2-2の第 3 予備出力ポートXO3 は、第 4 光MSW 4 2-4の第 3 入力ポートP3 に接続され、そして、第 2 光MSW 4 2-2の第 4 予備出力ポートXO4 は、第 4 光MSW 4 2-4の第 4 入力ポートP4 に接続される。

【0024】

4 個の光MSW 4 2-1、4 2-2、4 2-3、4 2-4間の接続は、例えば、光ファイバや基板に光導波路を形成した光導波路基板などを利用することができる。

そして、第 3 光MSW 4 2-3の第 1 ないし第 4 出力ポートO1 ~ O4 は、光MSW 3 2の第 1 ないし第 4 出力ポートとして、MUX 4 3-1の各入力ポートにそれぞれ接続される。

【0025】

第 4 光MSW 4 2-4の第 1 ないし第 4 出力ポートO1 ~ O4 は、光MSW 3 2の第 5 ないし第 8 出力ポートとして、MUX 4 3-2の各入力ポートにそれぞれ接続される。

このように接続された光MSW 3 2は、4 入力 4 出力の光MSW 4 2を 8 入力 8 出力に拡張した光SWでもある。

【0026】

MUX 4 3は、波長の異なる光信号をそれぞれ波長に対応する複数の入力ポートから入射し、1 個の出力ポートから射出する光受動部品である。本実施形態では、MUX 4 3は、第 1 ないし第 4 入力ポートを備える。MUX 4 3-1の各入力ポートは、上述のように、光MSW 3 2の第 1 ないし第 4 出力ポート（光MSW 4 2-3の第 1 ないし第 4 出力ポート）にそれぞれ接続され、出力ポートは、光伝送路 4 7-1に接続される。MUX 4 3-2の各入力ポートは、上述のように、光MSW 3 2の第 5 ないし第 8 出力ポート（第 4 光MSW 4 2-4の第 1 ないし第 4 出

力ポート) にそれぞれ接続され、出力ポートは、光伝送路 4 7-2 に接続される。

【 0 0 2 7 】

DEMUX 4 1 および MUX 4 3 は、例えば、干渉フィルタの 1 つである誘電体多層膜フィルタやアレイ導波路格子形光合分波器 (arrayed waveguide grating) などを利用することができる。

光伝送路 4 6、4 7 は、例えば、1. 3 μ m 帯単一モード光ファイバ、1. 5 μ m 帯分散シフト光ファイバおよび分散フラット光ファイバなどの光ファイバが利用することができる。

【 0 0 2 8 】

メモリ 4 5 は、図 3 に示すように、光 SW 素子 4 9 の位置と制御符号 S_{xy} との関係を示す制御符号対応テーブル、交換制御のプログラムなどが格納される。光 SW 素子 4 9 の位置は、その列番号と行番号とで示される。制御符号 S_{xy} は、制御符号 S_{xy} が割り当てられた光 SW 素子 4 9 をクロス状態からバー状態に切り換えた場合における光信号の入力ポートと出力ポートとの関係を示している。図 2 および図 3 に示すように、例えば、光 SW 素子 4 9-11 は、 S_{15} が割り当てられ、光 SW 素子 4 9-11 がクロス状態からバー状態に切り換えられると第 1 入力ポートに入力する光信号は、第 5 出力ポートから出力されることになり、また、光 SW 素子 4 9-57 は、 S_{53} が割り当てられ、光 SW 素子 4 9-57 がクロス状態からバー状態に切り換えられると第 5 入力ポートに入力する光信号は、第 3 出力ポートから出力されることになる。

【 0 0 2 9 】

制御回路 4 4 は、 8×8 光 MSW 3 2 に入力された光信号を所望の出力ポートに出力する交換制御を行う。交換制御は、制御回路 4 4 がメモリ 4 5 に格納された制御符号対応テーブルを参照して、入力された光信号における入力ポートの番号と該光信号のルーティング情報とに基づいて光 SW 素子 4 9 を選択し、クロス状態からバー状態に切り換えることによって行われる。

【 0 0 3 0 】

(第 1 の実施形態の動作・効果)

次に、光 XC の動作および効果について説明する。

光XC31は、光伝送路46-1を伝送する光信号を光伝送路47-1または光伝送路47-2に、そして、光伝送路46-2を伝送する光信号を光伝送路47-1または光伝送路47-2に方路を切り換えることができる。この方路を切り換える際に、制御回路44は、メモリ45内の制御符号対応テーブルを参照して切り換えるべき光SW素子49を選択し、該光SW素子49をクロス状態からバー状態に切り換える制御を行う。

【0031】

例えば、互いに波長の異なる4波の光信号 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ を波長多重したWDM光信号の光信号 $\lambda 2$ が光伝送路46-1から第2入力ポートに入力され、第7出力ポートに出力され、光伝送路47-2に送出される場合について説明する。

4波のWDM光信号は、光伝送路46-1を伝送し、光XC31のDEMUX41-1に入力され、波長ごとに4個に分波される。分波された光信号 $\lambda 1$ は、光MSW32の第1入力ポートP1に入力され、分波された光信号 $\lambda 2$ は、光MSW32の第2入力ポートP2に入力され、分波された光信号 $\lambda 3$ は、光MSW32の第3入力ポートP3に入力され、そして、分波された光信号 $\lambda 4$ は、光MSW32の第4入力ポートP4に入力される。

【0032】

制御回路44は、メモリ45に格納されている制御符号対応テーブルを参照し、第2入力ポートと第7出力ポートとを接続するための光SW素子49を選択する。制御回路44は、図2および図3に示すように、S27に対応する光SW素子49が2行3列の光SW素子49-23であるから、該光SW素子49-23をクロス状態からバー状態に切り換え、第2入力ポートと第7出力ポートとを結ぶ。

【0033】

第2入力ポートに入力された光信号 $\lambda 2$ は、光MSW42-1の第2入力ポートに入力され、光SW素子49-21、49-22、49-23、49-33、49-34を介して光MSW42-1の第3出力ポートO3から出力され、光MSW42-4の第3予備入力ポートXP3に入力され、光SW素子49-57、49-67、49-77、49-87を介して光MSW42-4の第3出力ポートから出力され、さらに、光MSW32の第7出力ポートに出力される。

【 0 0 3 4 】

そして、第 7 出力ポートから出力された光信号 $\lambda 2$ は、他の各出力ポート O5、O6、O8 から出力された光信号と MUX 4 3-2 で合波された後に、光伝送路 4 7-2 に送出される。

また、例えば、光信号 $\lambda 4$ が光伝送路 4 6-2 から第 8 入力ポートに入力され、第 4 出力ポートに出力され、光伝送路 4 7-1 に送出される場合について説明する。

【 0 0 3 5 】

光信号 $\lambda 4$ を含む 4 波の WDM 光信号は、光伝送路 4 6-2 を伝送し、光 XC 3 1 の DEMUX 4 1-2 に入力され、波長ごとに 4 個に分波される。分波された各光信号 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ は、光 MSW 3 2 の各入力ポート P5 \sim P8 にそれぞれ入力される。

制御回路 4 4 は、制御符号対応テーブルを参照することによって、第 8 入力ポートと第 4 出力ポートとを接続するための光 SW 素子 4 9-84 を選択し、クロス状態からバー状態に切り換え、第 8 入力ポートと第 4 出力ポートとを結ぶ。

【 0 0 3 6 】

第 8 入力ポートに入力された光信号 $\lambda 8$ は、光 MSW 4 2-2 の第 4 入力ポートに入力され、光 SW 素子 4 9-81、4 9-82、4 9-83、4 9-84、4 9-74、4 9-64、4 9-54 を介して光 MSW 4 2-2 の第 4 出力ポート O4 から出力され、光 MSW 4 2-3 の第 4 予備入力ポート XP4 に入力され、光 SW 素子 4 9-48、4 9-38、4 9-28、4 9-18 を介して光 MSW 4 2-3 の第 4 出力ポート O4 から出力され、さらに、光 MSW 3 2 の第 4 出力ポートに出力される。

【 0 0 3 7 】

そして、第 4 出力ポートから出力された光信号 $\lambda 4$ は、他の各出力ポート O1 \sim O3 から出力された光信号と MUX 4 3-1 で合波された後に、光伝送路 4 7-1 に送出される。

また、例えば、4 波の WDM 光信号 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ が光伝送路 4 6-1 を伝送し、4 波の WDM 光信号 $\lambda 5 \sim \lambda 8$ が光伝送路 4 6-2 を伝送する場合において、第 1 入力ポートに入力する光信号 $\lambda 1$ を第 1 出力ポートへ、第 2 入力ポートに入力する

光信号 $\lambda 2$ を第2出力ポートへ、第3入力ポートに入力する光信号 $\lambda 3$ を第7出力ポートへ、第4入力ポートに入力する光信号 $\lambda 4$ を第8出力ポートへ、第5入力ポートに入力する光信号 $\lambda 5$ を第5出力ポートへ、第6入力ポートに入力する光信号 $\lambda 6$ を第6出力ポートへ、第7入力ポートに入力する光信号 $\lambda 7$ を第3出力ポートへ、第8入力ポートに入力する光信号 $\lambda 8$ を第4出力ポートへ出力する場合について説明する。

【0038】

制御回路44は、制御符号対応テーブルを参照することによって、S11に対応する光SW素子49-15、S22に対応する光SW素子49-26、S37に対応する光SW素子49-33、S48に対応する光SW素子49-44、S55に対応する光SW素子49-55、S66に対応する光SW素子49-66、S73に対応する光SW素子49-73、および、S84に対応する光SW素子49-84をクロス状態からバー状態にそれぞれ切り換え、各入力ポートと各出力ポートとを結ぶ。

【0039】

そして、光信号 $\lambda 1$ は、第1入力ポートから、光SW素子49-11、49-12、49-13、49-14、49-15を介して第1出力ポートへ出力される。他の光信号 $\lambda 2 \sim \lambda 8$ も同様に各入力ポートから所定の光SW素子49を介して各出力ポートから出力される。

このように第1の実施形態の 8×8 光MSWは、完全非閉塞スイッチである。

【0040】

なお、光伝送路46-1を伝送する第1WDM光信号における各光信号の波長と、光伝送路46-2を伝送する第2WDM光信号における各光信号の波長とが、同一の波長を使用している場合には、MUX43において、同一の波長の光信号が入力される場合がある。例えば、第1WDM光信号が波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ を使用し第2WDM光信号も波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ を使用している場合であって第1WDM光信号の光信号 $\lambda 1$ と第1WDM光信号の光信号 $\lambda 1$ とがMUX43に入力される場合である。このような場合では、光MSW32と各MUX43との間に光信号の波長を変換する波長変換器を備えることが好ましい。波長変換器は、例えば、光信号を電気信号に一旦変換した後に所望の波長の光を該電気信号で変調することで

再び光信号に変換する光回路や、非線形光学効果の4光波混合で光信号を直接所望の波長に変換する光回路などを利用することができる。

【0041】

このような光XC31（光MSW32）は、入力された光信号を所望の出力ポートへ方路を切り換える場合において、透過する光SW素子49の個数は、最大で11個であり、最小で5個である。

したがって、入出力数が同じ光XC31（光MSW32）の場合では、従来に較べ損失を低減することができる。そして、各出力ポート間の出力光レベル格差は、光SW素子49の損失の略6個分だけにすることができ、小さくすることができる。このため、光XC31（光MSW32）の出力ポートに接続される光学部品の入力ダイナミックレンジを従来に較べより小さくすることができる。

【0042】

次に、第1の実施形態の変形形態について説明する。

（第1の実施形態の変形形態）

図4は、第1の実施形態の光XCの構成（パイ・ロススイッチの場合）を示す図である。

図5は、第1の実施形態の光XCにおける制御符号対応テーブル（パイ・ロススイッチの場合）を示す図である。

【0043】

この変形形態は、図4に示すように、第1の実施形態の4×4光MSW42をパイ・ロススイッチである4×4光MSW62に代える点を除き、第1の実施形態と同様な構成であるので、構成の説明を省略する。

パイ・ロススイッチは、例えば、特表昭63-500140号公報（特公平6-66982号公報）に開示されているように、何れの入力ポートから入力され何れの出力ポートから出力される場合でも透過する光SW素子49の個数が同一である光マトリクススイッチである。

【0044】

第1の実施形態の変形形態である光XC51は、パイ・ロススイッチの特性から、入力された光信号を所望の出力ポートへ方路を切り換える場合において、透

過する光SW素子49の個数は、常に8個である。

【0045】

例えば、第7入力ポートに入力された光信号λ3を第2出力ポートから出力させる場合では、制御回路44が、メモリ45に格納された図5に示す制御符号対応テーブルを参照することによって、S72に対応する光SW素子49-83をクロス状態からバー状態に切り換えることによって、光信号λ3は、第7入力ポートから入力され、光MSW62-2の第3入力ポートに入力され、光SW素子49-71、49-82、49-83、49-84を介して光MSW62-2の第4出力ポートO4から出力され、光MSW62-3の第4予備入力ポートXP4に入力され、光SW素子49-45、49-46、49-37、49-28を介して光MSW62-3の第2出力ポートから出力され、さらに、光MSW52の第2出力ポートに出力される。

【0046】

したがって、入出力数が同じ光XC51（光MSW52）の場合では、従来に較べ損失を低減することができる。そして、各出力ポート間の出力光レベル格差は、ほぼ零である。このため、光XC51（光MSW52）の出力ポートに接続される光学部品の入力ダイナミックレンジを第1の実施形態に較べより小さくすることができる。

【0047】

次に、別の実施形態について説明する。

（第2の実施形態の構成）

図6は、第2の実施形態の光XCの構成（クロスバースイッチの場合）を示す図である。

図7ないし図10は、第2の実施形態の光XCの部分構成を示す図である。

【0048】

図11は、第2の実施形態の光XCにおける制御符号対応テーブル（クロスバースイッチの場合）を示す図である。

図6ないし図11において、光XC33は、DEMUX41-1、41-2、41-3、41-4、16×16光MSW34、MUX43-1、43-2、43-3、43-4

、制御回路 4 4 およびメモリ 4 5 を備えて構成される。

【 0 0 4 9 】

第 2 の実施形態では、DEMUX 4 1-1 の入力ポートは、光伝送路 4 6-1 が接続され、DEMUX 4 1-2 の入力ポートは、光伝送路 4 6-2 が接続され、DEMUX 4 1-3 の入力ポートは、光伝送路 4 6-3 が接続され、そして、DEMUX 4 1-4 の入力ポートは、光伝送路 4 6-4 が接続される。DEMUX 4 1-1 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光MSW 3 4 の第 1 ないし第 4 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続され、DEMUX 4 1-2 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光MSW 3 4 の第 5 ないし第 8 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続される。さらに、DEMUX 4 1-3 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光MSW 3 4 の第 9 ないし第 1 2 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続され、DEMUX 4 1-4 の第 1 ないし第 4 出力ポートは、光MSW 3 4 の第 1 3 ないし第 1 6 入力ポートに 1 対 1 でそれぞれ接続される。

【 0 0 5 0 】

1 6 × 1 6 光MSW 3 4 は、1 6 入力 1 6 出力の光交換スイッチであり、4 個の第 1 ないし第 4 の 8 × 8 光MSW 3 2-1、3 2-2、3 2-3、3 2-4 を備えて構成される。この光MSW 3 2 は、第 1 の実施形態の光交換スイッチである。よって、第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態の 8 入力 8 出力の光XC 3 1（光MSW 3 2）を 1 6 入力 1 6 出力に拡張した光XC 3 3（光MSW 3 4）である。

【 0 0 5 1 】

図 6 および図 7 において、光MSW 3 2-1 は、第 1 の実施形態で説明したように 4 個の 4 × 4 光MSW 4 2-11、4 2-12、4 2-13、4 2-14 を備えて構成される。光MSW 3 2-1 の第 1 ないし第 4 入力ポート P1 ～ P4 は、光MSW 4 2-11 の第 1 ないし第 4 入力ポート P1 ～ P4 にそれぞれ接続され、光MSW 3 2-1 の第 5 ないし第 8 入力ポート P5 ～ P8 は、光MSW 4 2-12 の第 1 ないし第 4 入力ポート P1 ～ P4 にそれぞれ接続される。なお、光MSW 3 2-1 の第 1 ないし第 8 入力ポート P1 ～ P8 は、光MSW 3 4 の第 1 ないし第 8 入力ポート P1 ～ P8 にそれぞれ接続される。4 個の光MSW 4 2-11、4 2-12、4 2-13、4 2-14 間における接続は、第 1 の実施形態で説明した通りであるので、そ

の説明を省略する。ここで、第 1 の実施形態では、光MSW 4 2-13、4 2-14 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、使用されなかったが、第 2 の実施形態では、光MSW 4 2-13 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、光MSW 3 2-1の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 として使用され、光MSW 4 2-14 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、光MSW 3 2-1の第 5 ないし第 8 予備出力ポートXO5～XO8 として使用される。

【0052】

図 6 および図 8 において、光MSW 3 2-2は、第 1 の実施形態で説明したように 4 個の 4×4 光MSW 4 2-21、4 2-22、4 2-23、4 2-24 を備えて構成される。光MSW 3 2-2の第 1 ないし第 4 入力ポートP1～P4 は、光MSW 4 2-21 の第 1 ないし第 4 入力ポートP1～P4 にそれぞれ接続され、光MSW 3 2-2の第 5 ないし第 8 入力ポートP5～P8 は、光MSW 4 2-22 の第 1 ないし第 4 入力ポートP1～P4 にそれぞれ接続される。なお、光MSW 3 2-2の第 1 ないし第 8 入力ポートP1～P8 は、光MSW 3 4 の第 9 ないし第 16 入力ポートP9～P16にそれぞれ接続される。4 個の光MSW 4 2-21、4 2-22、4 2-23、4 2-24 間における接続は、第 1 の実施形態で説明した通りであるので、その説明を省略する。ここで、第 1 の実施形態では、光MSW 4 2-23、4 2-24 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、使用されなかったが、第 2 の実施形態では、光MSW 4 2-23 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、光MSW 3 2-2の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 として使用され、光MSW 4 2-24 の第 1 ないし第 4 予備出力ポートXO1～XO4 は、光MSW 3 2-2の第 5 ないし第 8 予備出力ポートXO5～XO8 として使用される。

【0053】

図 6 および図 9 において、光MSW 3 2-3は、第 1 の実施形態で説明したように 4 個の 4×4 光MSW 4 2-31、4 2-32、4 2-33、4 2-34 を備えて構成される。光MSW 4 2-33 の第 1 ないし第 4 出力ポートO1～O4 は、光MSW 3 2-3の第 1 ないし第 4 出力ポートO1～O4 にそれぞれ接続され、光MSW 4

2-34 の第 1 ないし第 4 出力ポート O1 ～ O4 は、光MSW 3 2-3の第 5 ないし第 8 出力ポート O5 ～ O8 にそれぞれ接続される。なお、光MSW 3 2-3の第 1 ないし第 8 出力ポート O1 ～ O8 は、光MSW 3 4 の第 1 ないし第 8 出力ポート O1 ～ O8 にそれぞれ接続される。4 個の光MSW 4 2-31 、 4 2-32 、 4 2-33 、 4 2-34 間における接続は、第 1 の実施形態で説明した通りであるので、その説明を省略する。ここで、第 1 の実施形態では、光MSW 4 2-31 、 4 2-32 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、使用されなかったが、第 2 の実施形態では、光MSW 4 2-31 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、光MSW 3 2-3の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 として使用され、光MSW 4 2-32 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、光MSW 3 2-3の第 5 ないし第 8 予備入力ポート X P5 ～ X P8 として使用される。

【 0 0 5 4 】

図 6 および図 1 0 において、光MSW 3 2-4は、第 1 の実施形態で説明したように 4 個の 4 × 4 光MSW 4 2-41 、 4 2-42 、 4 2-43 、 4 2-44 を備えて構成される。光MSW 4 2-43 の第 1 ないし第 4 出力ポート O1 ～ O4 は、光MSW 3 2-4の第 1 ないし第 4 出力ポート O1 ～ O4 にそれぞれ接続され、光MSW 4 2-44 の第 1 ないし第 4 出力ポート O1 ～ O4 は、光MSW 3 2-4の第 5 ないし第 8 出力ポート O5 ～ O8 にそれぞれ接続される。なお、光MSW 3 2-4の第 1 ないし第 8 出力ポート O1 ～ O8 は、光MSW 3 4 の第 9 ないし第 1 6 出力ポート O9 ～ O16にそれぞれ接続される。4 個の光MSW 4 2-41 、 4 2-42 、 4 2-43 、 4 2-44 間における接続は、第 1 の実施形態で説明した通りであるので、その説明を省略する。ここで、第 1 の実施形態では、光MSW 4 2-41 、 4 2-42 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、使用されなかったが、第 2 の実施形態では、光MSW 4 2-41 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、光MSW 3 2-4の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 として使用され、光MSW 4 2-42 の第 1 ないし第 4 予備入力ポート X P1 ～ X P4 は、光MSW 3 2-4の第 5 ないし第 8 予備入力ポート X P5 ～ X P8 として使用される。

【 0 0 5 5 】

図 6 に戻って、第 1 光 M S W 3 2 - 1 の第 1 ないし第 8 出力ポート O 1 ～ O 8 は、第 4 光 M S W 3 2 - 4 の第 1 ないし第 8 予備入力ポート X P 1 ～ X P 8 に 1 対 1 でそれぞれ接続される。例えば、第 1 光 M S W 3 2 - 1 の第 2 出力ポート O 2 は、第 4 光 M S W 3 2 - 4 の第 2 予備入力ポート X P 2 に接続される。第 1 光 M S W 3 2 - 1 の第 1 ないし第 8 予備出力ポート X O 1 ～ X O 8 は、第 3 光 M S W 3 2 - 3 の第 1 ないし第 8 入力ポート P 1 ～ P 8 に 1 対 1 でそれぞれ接続される。

【 0 0 5 6 】

第 2 光 M S W 3 2 - 2 の第 1 ないし第 8 出力ポート O 1 ～ O 8 は、第 3 光 M S W 3 2 - 3 の第 1 ないし第 8 予備入力ポート X P 1 ～ X P 8 に 1 対 1 でそれぞれ接続される。第 2 光 M S W 3 2 - 2 の第 1 ないし第 8 予備出力ポート X O 1 ～ X O 8 は、第 4 光 M S W 3 2 - 4 の第 1 ないし第 8 入力ポート P 1 ～ P 8 に 1 対 1 でそれぞれ接続される。

【 0 0 5 7 】

そして、第 3 光 M S W 3 2 - 3 の第 1 ないし第 4 出力ポート O 1 ～ O 4 は、光 M S W 3 4 の第 1 ないし第 4 出力ポートとして、M U X 4 3 - 1 の各入力ポートにそれぞれ接続され、第 3 光 M S W 3 2 - 3 の第 5 ないし第 8 出力ポート O 5 ～ O 8 は、光 M S W 3 4 の第 5 ないし第 8 出力ポートとして、M U X 4 3 - 2 の各入力ポートにそれぞれ接続される。

【 0 0 5 8 】

第 4 光 M S W 3 2 - 4 の第 1 ないし第 4 出力ポート O 1 ～ O 4 は、光 M S W 3 4 の第 9 ないし第 1 2 出力ポートとして、M U X 4 3 - 3 の各入力ポートにそれぞれ接続され、第 4 光 M S W 3 2 - 4 の第 5 ないし第 8 出力ポート O 5 ～ O 8 は、光 M S W 3 4 の第 1 3 ないし第 1 6 出力ポートとして、M U X 4 3 - 4 の各入力ポートにそれぞれ接続される。

【 0 0 5 9 】

M U X 4 3 - 1 の出力ポートは、光伝送路 4 7 - 1 に接続され、M U X 4 3 - 2 の出力ポートは、光伝送路 4 7 - 2 に接続され、M U X 4 3 - 3 の出力ポートは、光伝送路 4 7 - 3 に接続され、そして、M U X 4 3 - 4 の出力ポートは、光伝送路 4 7 - 4 に

接続される。

【 0 0 6 0 】

メモリ 4 5 は、図 1 1 に示す制御符号対応テーブル、交換制御のプログラムなどが格納される。

制御回路 4 4 は、第 1 の実施形態と同様に、メモリ 4 5 内の制御符号対応テーブルを参照して、1 6 × 1 6 光 M S W 3 4 の交換制御を行う。

(第 2 の実施形態の動作・効果)

第 2 の実施形態の光 X C 3 3 の動作は、第 1 の実施形態の光 X C 3 1 を拡張した装置であるから、第 1 の実施形態の光 X C 3 1 の動作と同様である。

【 0 0 6 1 】

すなわち、光 X C 3 3 は、任意の光伝送路 4 6 -1 ~ 4 6 -4 を伝送する光信号を任意の光伝送路 4 7 -1 ~ 4 7 -4 に方路を切り換えることができる。この方路を切り換える際に、制御回路 4 4 は、メモリ 4 5 内の制御符号対応テーブルを参照して切り換えるべき光 S W 素子 4 9 を選択し、該光 S W 素子 4 9 をクロス状態からバー状態に切り換える制御を行う。

【 0 0 6 2 】

例えば、光伝送路 4 6 -2 を伝送する 4 波の W D M 光信号の中の光信号 λ 2 が第 6 入力ポートに入力され、第 1 5 出力ポートに出力され、光伝送路 4 7 -4 に送出される場合について説明する。制御回路 4 4 が、メモリ 4 5 に格納された図 1 1 に示す制御符号対応テーブルを参照して、S 0 6 1 5 に対応する光 S W 素子 4 9 -0 6 0 3 をクロス状態からバー状態に切り換えることにより、光信号 λ 2 は、第 6 入力ポートから入力され、光 M S W 4 2 -1 2 の第 2 入力ポートに入力され、光 S W 素子 4 9 -0 6 0 1 、 4 9 -0 6 0 2 、 4 9 -0 6 0 3 、 4 9 -0 5 0 3 を介して光 M S W 4 2 -1 2 の第 3 出力ポート O 3 から出力され、光 M S W 4 2 -1 3 の第 3 予備入力ポート X P 3 に入力され、光 S W 素子 4 9 -0 4 0 7 、 4 9 -0 3 0 7 、 4 9 -0 2 0 7 、 4 9 -0 1 0 7 を介して光 M S W 4 2 -1 3 の第 3 出力ポート O 3 から出力され、さらに、光 M S W 3 2 -1 の第 3 出力ポートに出力される (図 6 および図 7) 。そして、光 M S W 3 2 -1 の第 3 出力ポートに出力された光信号 λ 2 は、光 M S W 3 2 -4 の第 3 予備入力ポート X P 3 に入力され、光 S W 素子 4 9 -0 9 1 1 、 4 9 -1 0 1 1 、 4 9 -1 1 1 1

、49-1211 を介して光MSW42-41 の第3出力ポートO3 から出力され、光MSW42-44 の第3予備入力ポートXP3 に入力され、光SW素子49-1315、49-1415、49-1515、49-1615 を介して光MSW42-44 の第3出力ポートO3 から出力され、光MSW32-4の第7出力ポートに出力され、さらに、光MSW34の第15出力ポートO15から出力される（図6および図10）。

【0063】

このような光XC33（光MSW34）は、入力された光信号を所望の出力ポートへ方路を切り換える場合において、透過する光SW素子49の個数は、最大で19個であり、最小で13個である。

16入力16出力の光XCを4入力4出力の光MSWで従来の構成法によって構成すると、かかる光SW素子49の個数は、最大で31個であり、最小で1個である。

【0064】

したがって、入出力数が同じ光XC33（光MSW34）の場合では、従来に較べ損失を著しく低減することができる。そして、各出力ポート間の出力光レベル格差は、光SW素子49の損失の略6個分だけにすることができ、小さくすることができる。このため、光XC33（光MSW34）の出力ポートに接続される光学部品の入力ダイナミックレンジを従来に較べより小さくすることができる。

【0065】

ここで、第2の実施形態においても、第1の実施形態の変形形態と同様に、光MSW42の代わりにパイ・ロススイッチの光MSW62を利用することができる。この場合にでは、図12に示すように、光SW素子49に制御符号を割り当てればよい。

このようなパイ・ロススイッチを利用した第2の実施形態では、パイ・ロススイッチの特性から、入力された光信号を所望の出力ポートへ方路を切り換える場合において、透過する光SW素子49の個数は、常に16個である。

【0066】

したがって、このような光XC（光MSW）の場合では、従来に較べ損失を低

減することができる。そして、各出力ポート間の出力光レベル格差は、ほぼ零である。

【 0 0 6 7 】

なお、第 1 および第 2 の実施形態ならびにその変形形態では、WDM 光信号の多重数が 4 波の場合について説明したが、これに限定されず、任意の多重数の WDM 光信号について本発明を適用することができる。

そして、第 1 および第 2 の実施形態ならびにその変形形態では、光 XC の DEMUX 4 2 が 1 入力 4 出力の場合について説明したが、これに限定されず、任意の出力数の DEMUX について本発明を適用することができる。さらに、1 個の光 XC における DEMUX 4 2 間で、出力数が互いに異なる場合も本発明を適用することができる。同様に、MUX 4 3 も任意の入力数について本発明を適用することができ、MUX 4 3 間で入力数が互いに異なる場合も本発明を適用することができる。

【 0 0 6 8 】

以上、本明細書で開示された主な発明を以下に纏める。

(付記 1) 複数の 2 入力 2 出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、複数の入力ポートと複数の予備入力ポートと複数の出力ポートと複数の予備出力ポートとを形成する光マトリクススイッチ、を備える光スイッチの入出力数を増設する光スイッチ拡張方法において、

前記光マトリクススイッチを第 1 光マトリクススイッチとして、該第 1 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートに、前記第 1 光マトリクススイッチと同一構成である第 3 光マトリクススイッチにおける複数の入力ポートをそれぞれ接続するステップと、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の出力ポートに、前記第 3 光マトリクススイッチにおける複数の予備入力ポートにそれぞれ接続するステップと、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の出力ポートに、前記第 1 光マトリクススイッチと同一構成である第 4 光マトリクススイッチにおける複数の予備入力ポートをそれぞれ接続するステップと、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートに、前記第 4 光マトリ

クススイッチの複数の入力ポートをそれぞれ接続するステップとを備えること
を特徴とする光スイッチ拡張方法。

(付記 2) 複数の 2 入力 2 出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、
複数の入力ポートと複数の予備入力ポートと複数の出力ポートと複数の予備出力
ポートとを形成する第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチを備え、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートを前記第 3 光マトリク
ススイッチの複数の入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の出力ポートを前記第 3 光マトリクスス
イッチの複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 1 光マトリクススイッチの複数の出力ポートを前記第 4 光マトリクスス
イッチの複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、

前記第 2 光マトリクススイッチの複数の予備出力ポートを前記第 4 光マトリク
ススイッチの複数の入力ポートにそれぞれ接続してなること、

を特徴とする光スイッチ。

(付記 3) 前記第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチは、クロスバー型の光マ
トリクススイッチであること

を特徴とする付記 2 に記載の光スイッチ。

(付記 4) 前記第 1 ないし第 4 光マトリクススイッチは、パイ・ロス型の光マ
トリクススイッチであること

を特徴とする付記 2 に記載の光スイッチ。

(付記 5) 前記光スイッチ素子は、導波路型の光スイッチであること

を特徴とする付記 2 に記載の光スイッチ。

【 0 0 6 9 】

(付記 6) 前記光スイッチ素子は、半導体型の光スイッチであること

を特徴とする付記 2 の光スイッチ。

(付記 7) 前記光スイッチ素子は、光微少電気機械システムの光スイッチであ
ること

を特徴とする付記 2 に記載の光スイッチ。

【 0 0 7 0 】

(付記 8) 入力光を波長ごとに分離して複数の出力ポートから出力する複数の分波手段と、

複数の入力ポートから入力された光を波長多重する複数の合波手段と、

付記 2 に記載の光スイッチとを備え、

前記光スイッチの複数の入力ポートに前記複数の分波手段における複数の出力ポートを接続し、

前記光スイッチの複数の出力ポートに前記複数の合波手段における複数の入力ポートを接続して成ること

を特徴とする光クロスコネクタ装置。

【 0 0 7 1 】

【発明の効果】

本発明の光 X C (光 M S W) は、従来に較べ損失を低減することができる。そして、各出力ポート間の出力光レベル格差は、従来に較べ小さくすることができる。このため、光 X C (光 M S W) の出力ポートに接続される光学部品の入力ダイナミックレンジをさらに小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の原理構成図である。

【図 2】

第 1 の実施形態の光クロスコネクタ装置の構成 (クロスバースイッチの場合) を示す図である。

【図 3】

第 1 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル (クロスバースイッチの場合) を示す図である。

【図 4】

第 1 の実施形態の光クロスコネクタ装置の構成 (パイ・ロススイッチの場合) を示す図である。

【図 5】

第 1 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル (パイ

・ロススイッチの場合)を示す図である。

【図 6】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置の構成 (クロスバースイッチの場合)を示す図である。

【図 7】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置の部分構成 (その 1) を示す図である

【図 8】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置の部分構成 (その 2) を示す図である

【図 9】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置の部分構成 (その 3) を示す図である

【図 1 0】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置の部分構成 (その 4) を示す図である

【図 1 1】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル (クロスバースイッチの場合)を示す図である。

【図 1 2】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル (パイ
・ロススイッチの場合)を示す図である。

【図 1 3】

従来の光スイッチの拡張方法を説明する図である。

【符号の説明】

1 1、2 1、3 2、4 2、5 2、6 2 光マトリクススイッチ

3 1、3 3、5 1 光クロスコネクタ装置

4 1 光分波器

4 3 光合波器

4 4 制御回路

4 5 メモリ

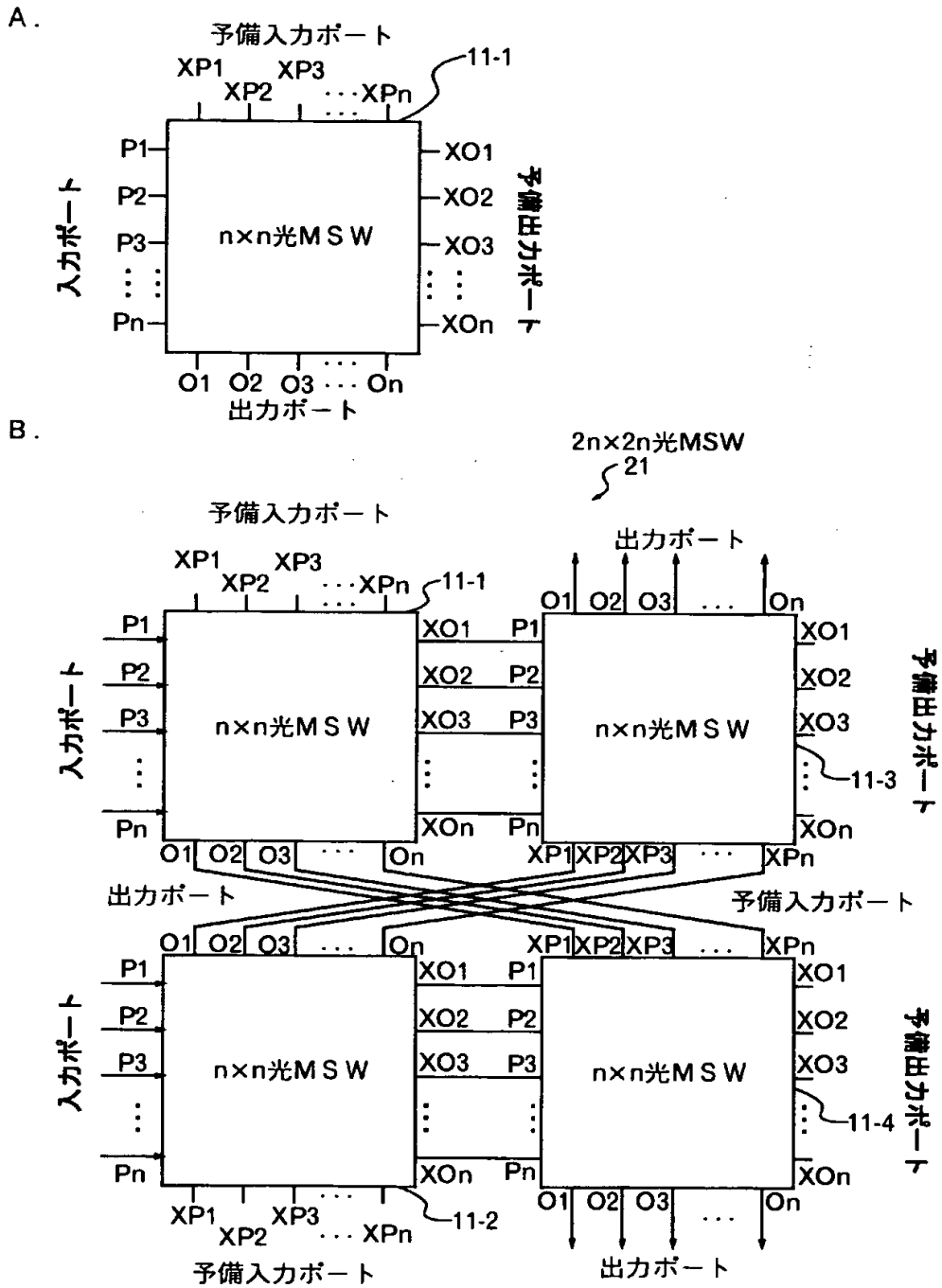
4 9 光スイッチ素子

【書類名】

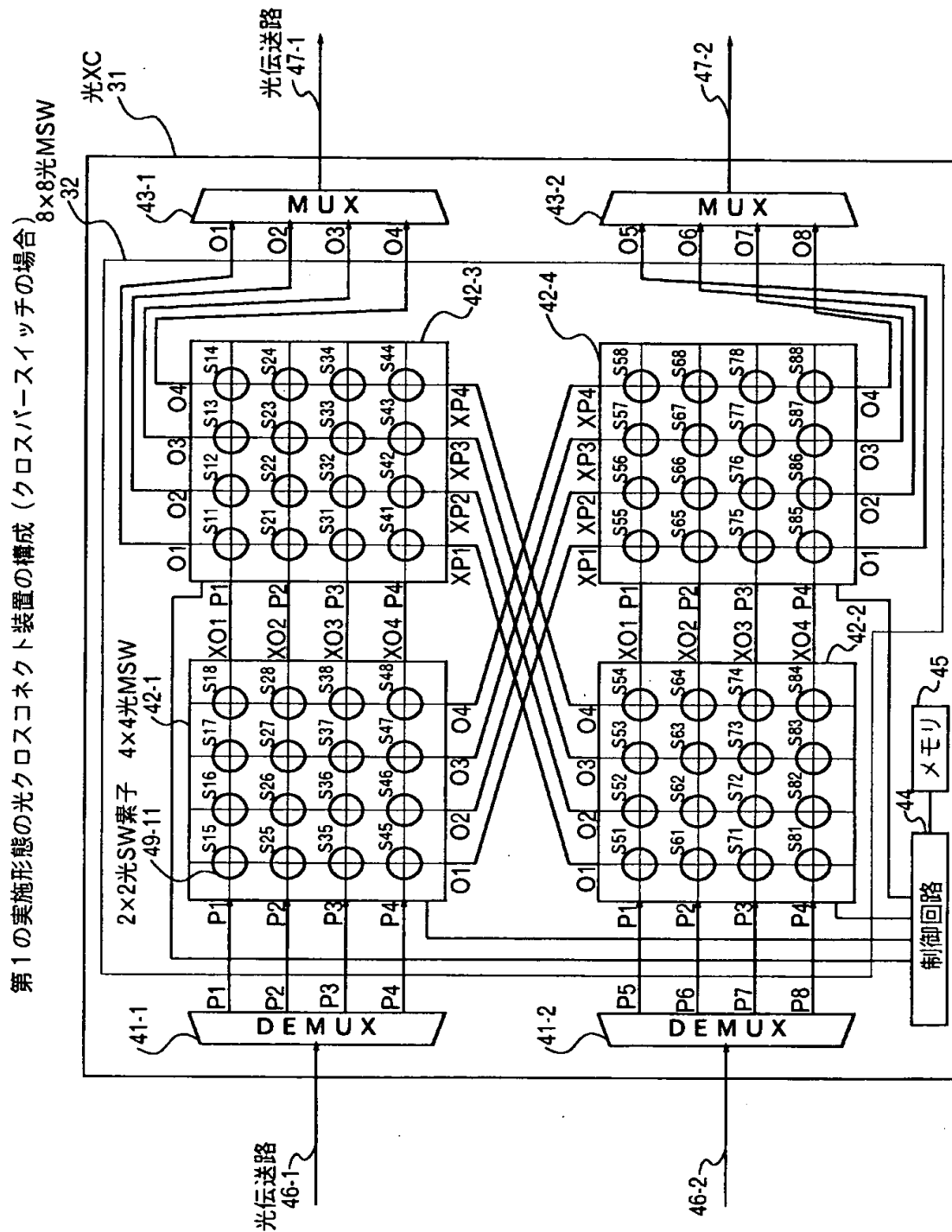
図面

【図 1】

本発明の原理構成図



【図2】



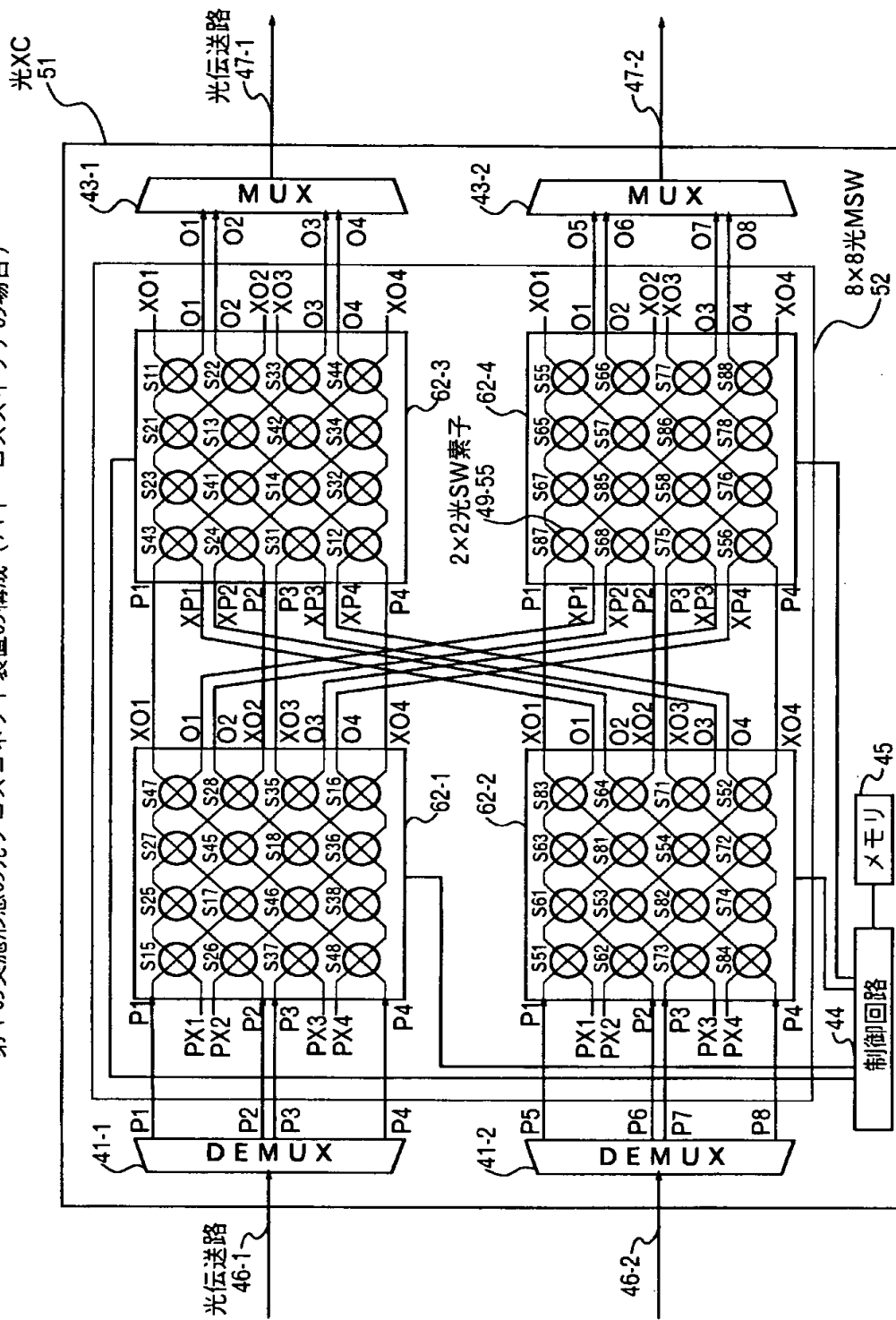
【図 3】

第 1 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル
(クロスバースイッチの場合)

		光 SW 素子の列番号							
		1	2	3	4	5	6	7	8
光 SW 素子の 行番号	1	S15	S16	S17	S18	S11	S12	S13	S14
	2	S25	S26	S27	S28	S21	S22	S23	S24
	3	S35	S36	S37	S38	S31	S32	S33	S34
	4	S45	S46	S47	S48	S41	S42	S43	S44
	5	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58
	6	S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68
	7	S71	S72	S73	S74	S75	S76	S77	S78
	8	S81	S82	S83	S84	S85	S86	S87	S88

【図 4】

第1の実施形態の光クロスコネクタ装置の構成 (パイ・ロススイッチの場合)



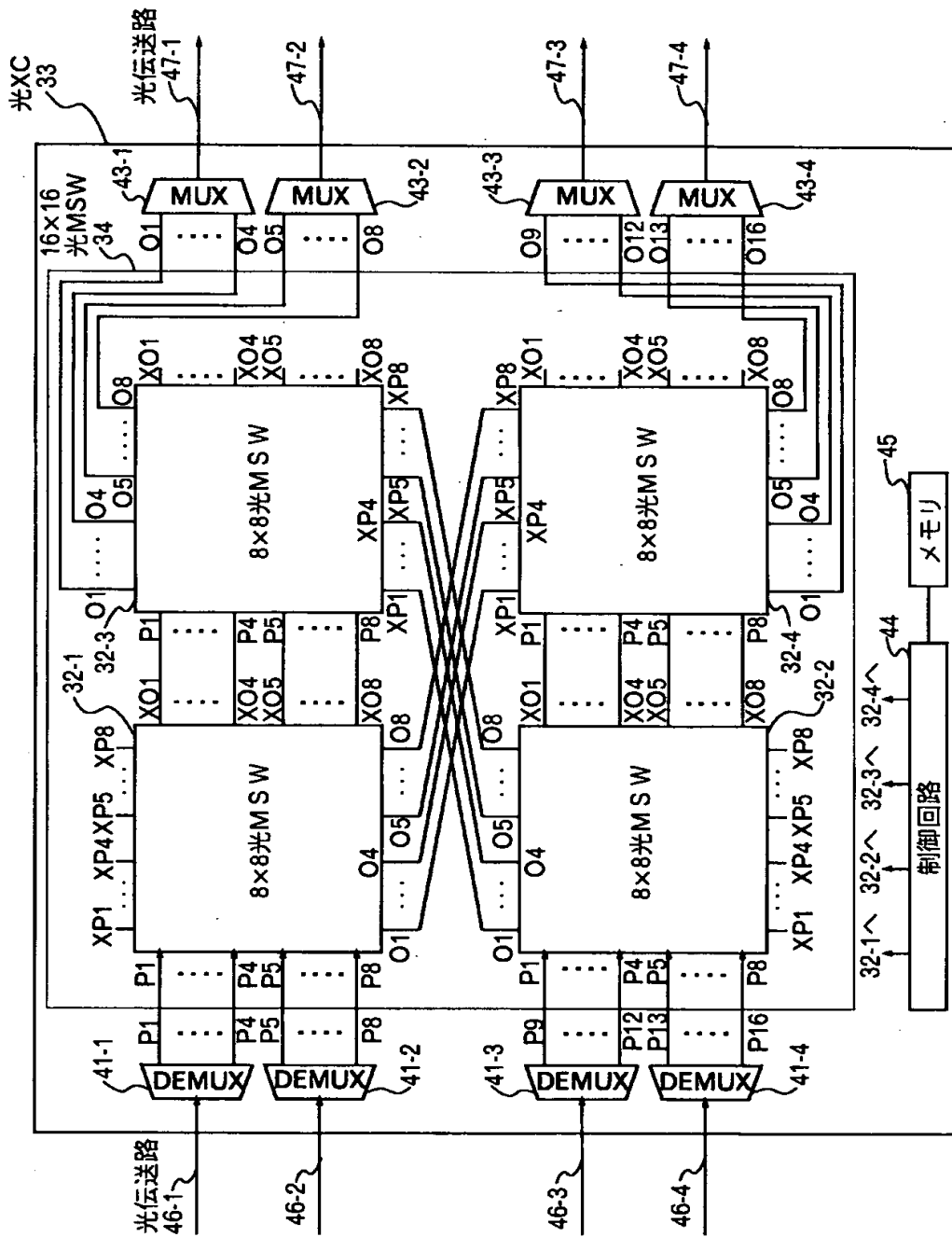
【図 5】

第1の実施形態の光クロスコネクト装置における制御符号対応テーブル
(パイ・ロスイッチの場合)

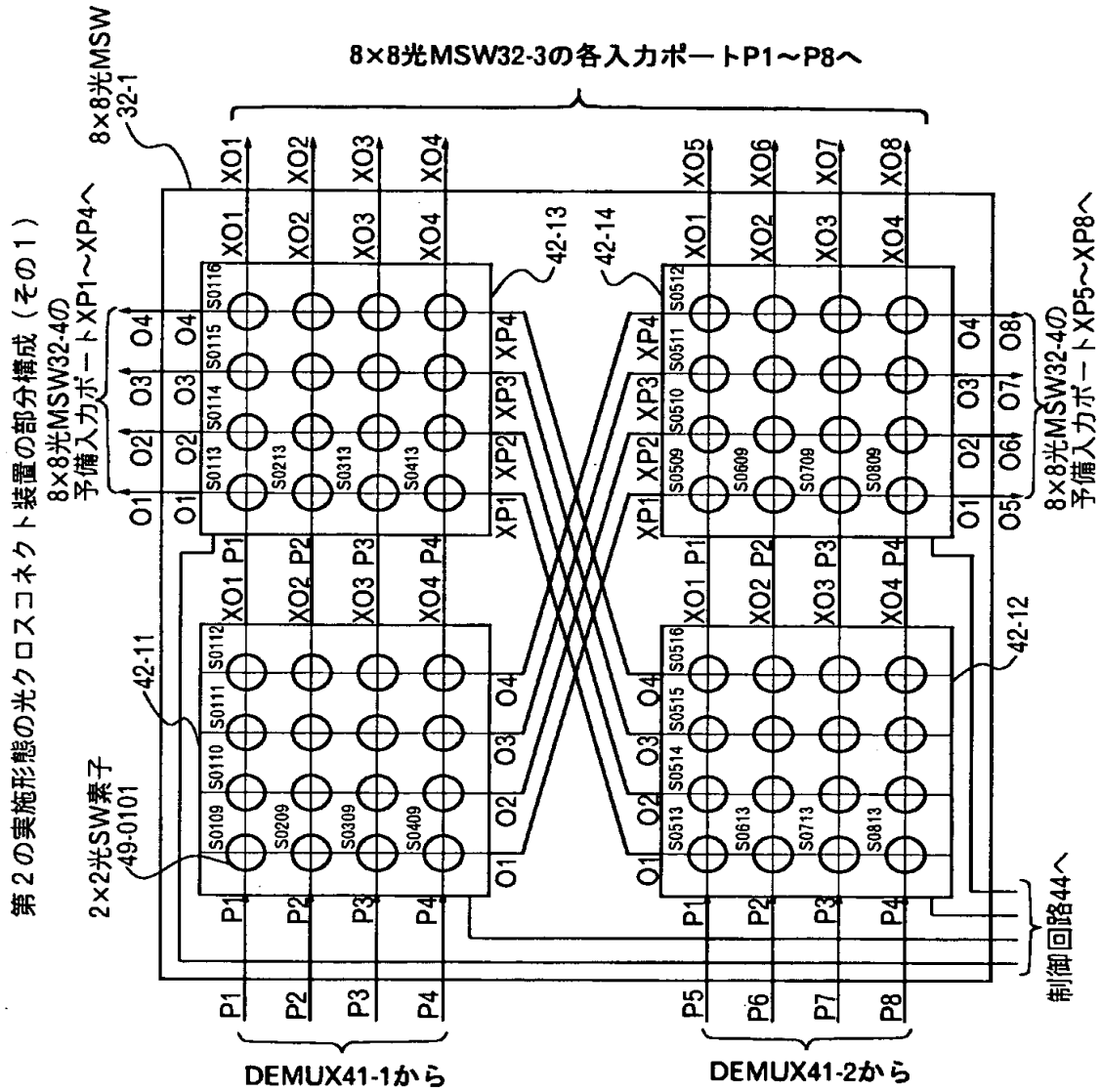
		光SW素子の列番号							
		1	2	3	4	5	6	7	8
光SW素子の行番号	1	S15	S25	S27	S48	S43	S23	S21	S11
	2	S26	S17	S45	S28	S24	S41	S13	S22
	3	S37	S46	S18	S35	S31	S14	S42	S33
	4	S48	S38	S36	S16	S12	S32	S34	S44
	5	S51	S61	S63	S83	S87	S67	S65	S55
	6	S62	S53	S81	S64	S68	S85	S57	S66
	7	S73	S82	S54	S71	S75	S58	S86	S77
	8	S84	S74	S72	S52	S56	S76	S78	S88

【図 6】

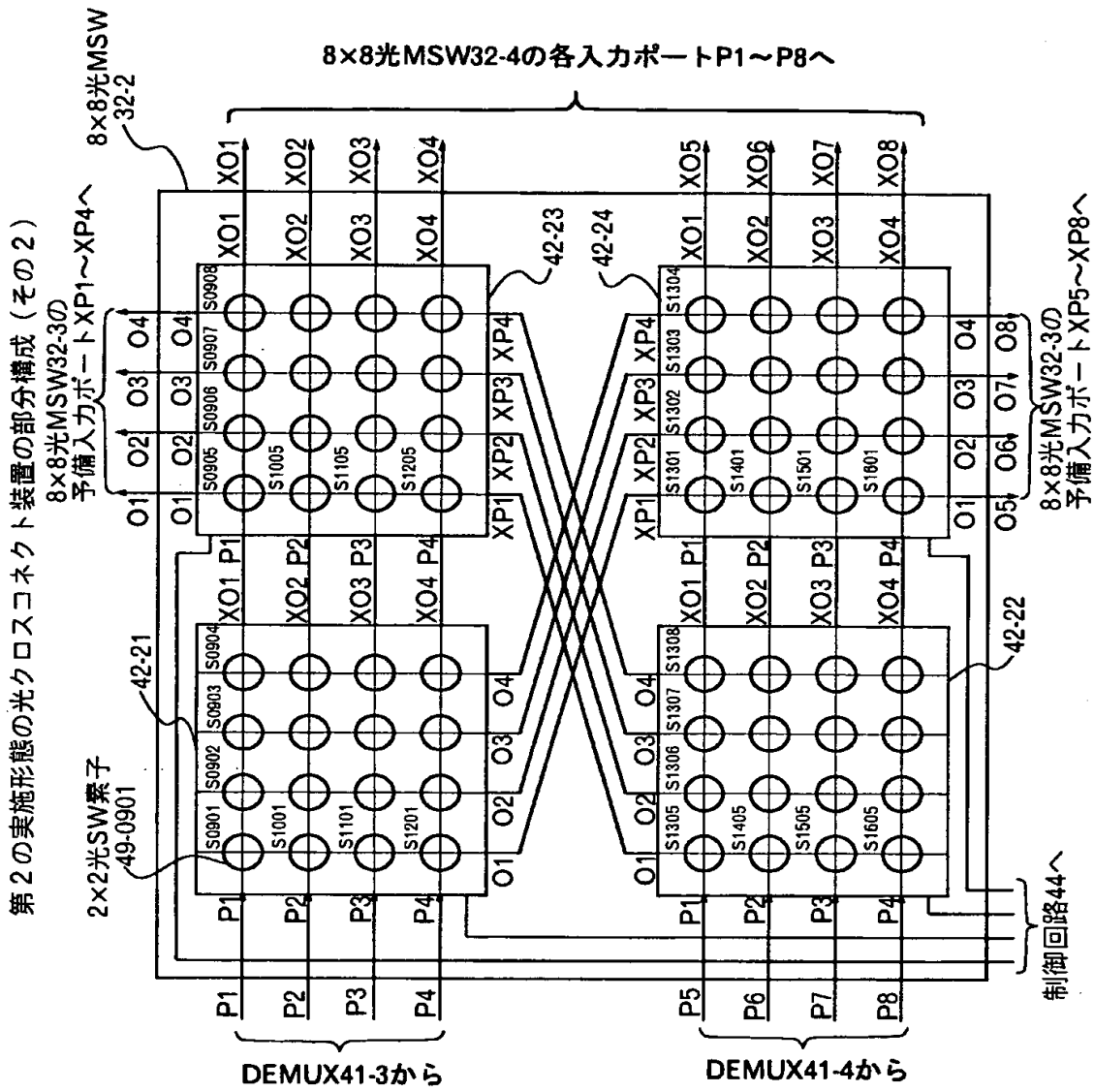
第2の実施形態の光クロスコネクタ装置の構成 (クロスバースイッチの場合)



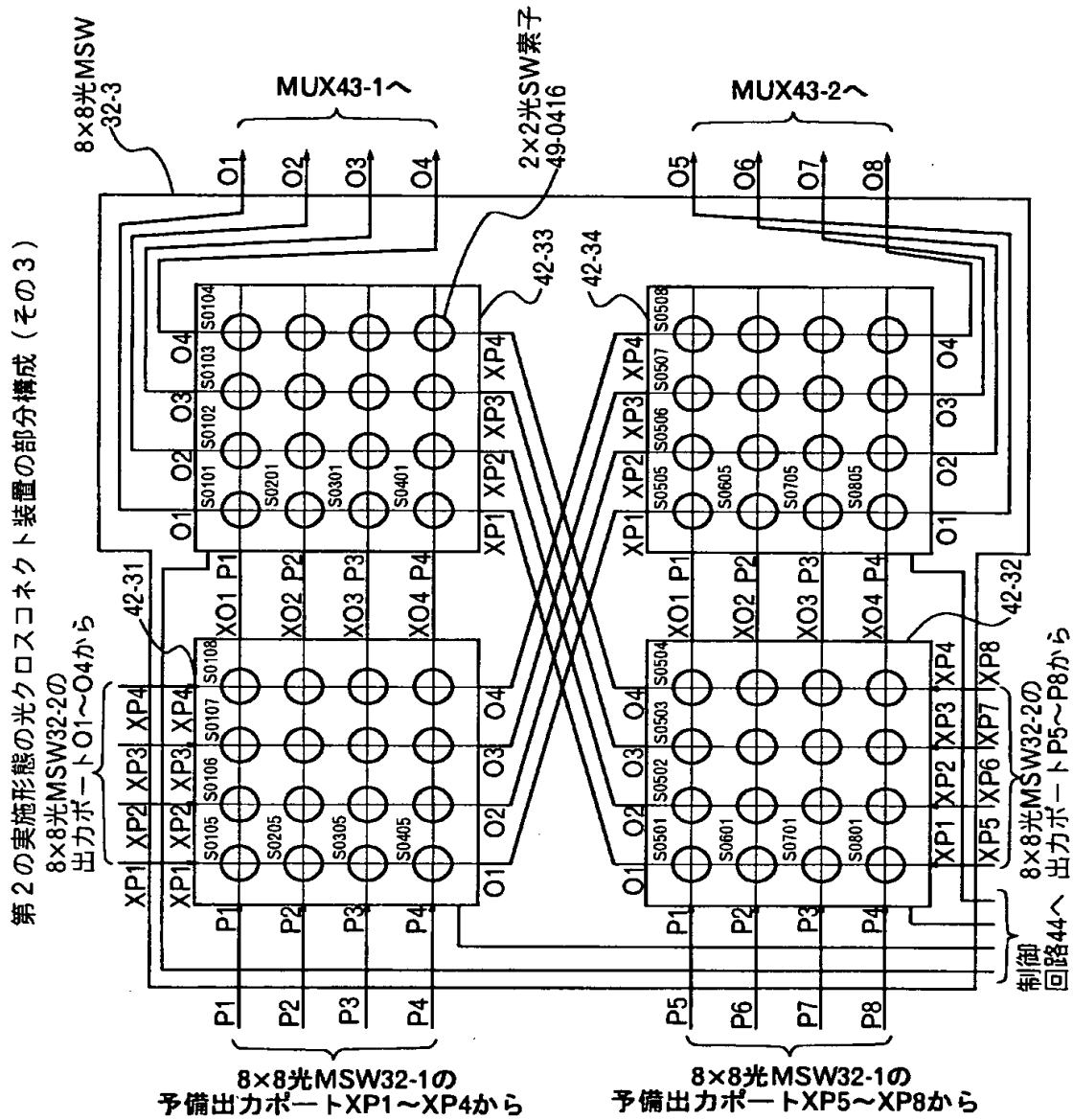
【図 7】



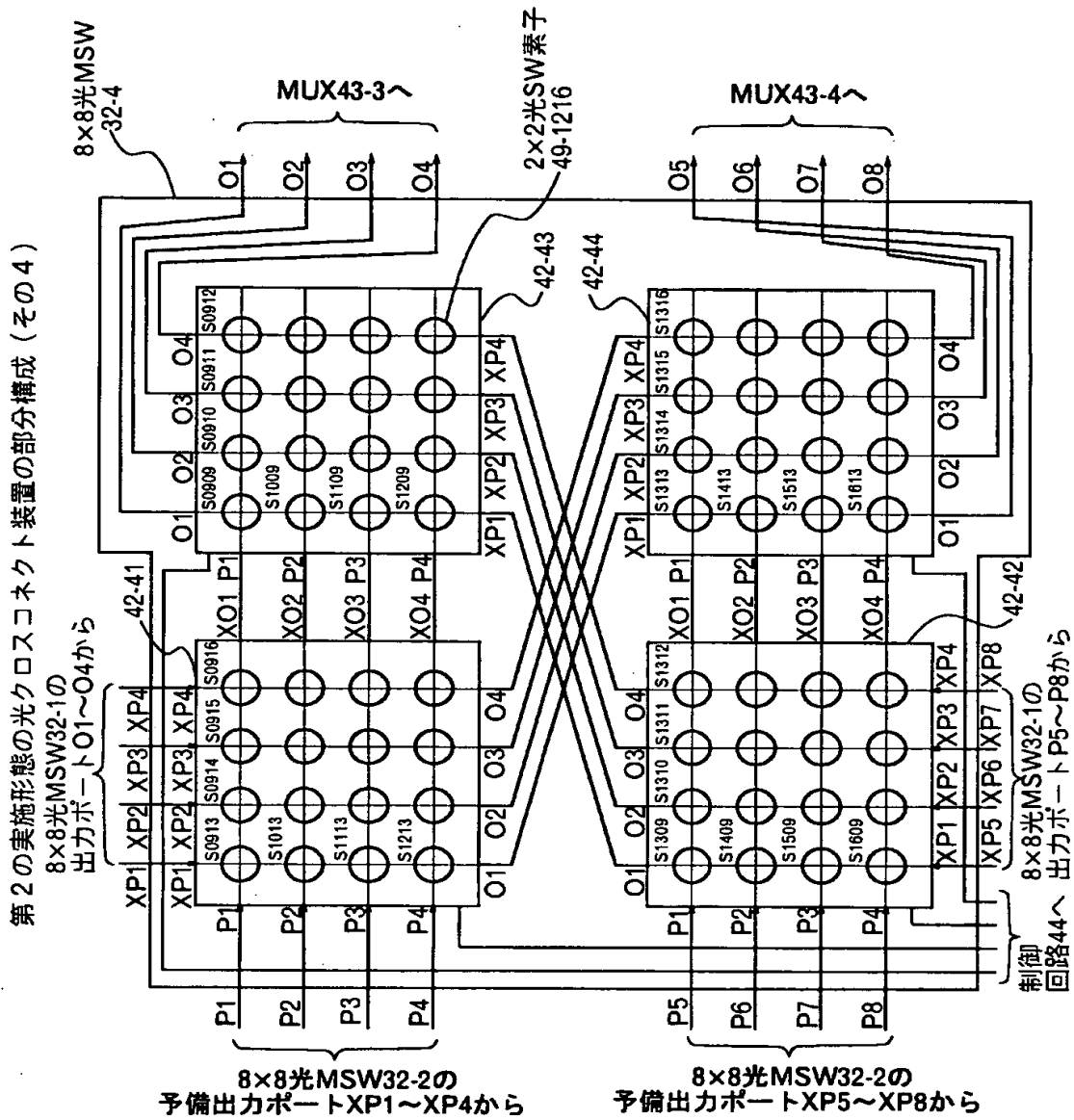
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

第 2 の実施形態の光クロスコネクタ装置における制御符号対応テーブル
(クロスバースイッチの場合)

	光 S W 素 子 の 列 番 号															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	S0109	S0110	S0111	S0112	S0113	S0114	S0115	S0116	S0105	S0106	S0107	S0108	S0101	S0102	S0103	S0104
02	S0209	S0210	S0211	S0212	S0213	S0214	S0215	S0216	S0205	S0206	S0207	S0208	S0201	S0202	S0203	S0204
03	S0309	S0310	S0311	S0312	S0313	S0314	S0315	S0316	S0305	S0306	S0307	S0308	S0301	S0302	S0303	S0304
04	S0409	S0410	S0411	S0412	S0413	S0414	S0415	S0416	S0405	S0406	S0407	S0408	S0401	S0402	S0403	S0404
05	S0513	S0514	S0515	S0516	S0509	S0510	S0511	S0512	S0501	S0502	S0503	S0504	S0505	S0506	S0507	S0508
06	S0613	S0614	S0615	S0616	S0609	S0610	S0611	S0612	S0601	S0602	S0603	S0604	S0605	S0606	S0607	S0608
07	S0713	S0714	S0715	S0716	S0709	S0710	S0711	S0712	S0701	S0702	S0703	S0704	S0705	S0706	S0707	S0708
08	S0813	S0814	S0815	S0816	S0809	S0810	S0811	S0812	S0801	S0802	S0803	S0804	S0805	S0806	S0807	S0808
09	S0901	S0902	S0903	S0904	S0905	S0906	S0907	S0908	S0913	S0914	S0915	S0916	S0909	S0910	S0911	S0912
10	S1001	S1002	S1003	S1004	S1005	S1006	S1007	S1008	S1013	S1014	S1015	S1016	S1009	S1010	S1011	S1012
11	S1101	S1102	S1103	S1104	S1105	S1106	S1107	S1108	S1113	S1114	S1115	S1116	S1109	S1110	S1111	S1112
12	S1201	S1202	S1203	S1204	S1205	S1206	S1207	S1208	S1213	S1214	S1215	S1216	S1209	S1210	S1211	S1212
13	S1305	S1306	S1307	S1308	S1301	S1302	S1303	S1304	S1309	S1310	S1311	S1312	S1313	S1314	S1315	S1316
14	S1405	S1406	S1407	S1408	S1401	S1402	S1403	S1404	S1409	S1410	S1411	S1412	S1413	S1414	S1415	S1416
15	S1505	S1506	S1507	S1508	S1501	S1502	S1503	S1504	S1509	S1510	S1511	S1512	S1513	S1514	S1515	S1516
16	S1605	S1606	S1607	S1608	S1601	S1602	S1603	S1604	S1609	S1610	S1611	S1612	S1613	S1614	S1615	S1616

光 S W 素 子 の 行 番 号

【図 1 2】

第 2 の実施形態の光クロスコネクト装置における制御符号対応テーブル
(バイ・ロスマイッチの場合)

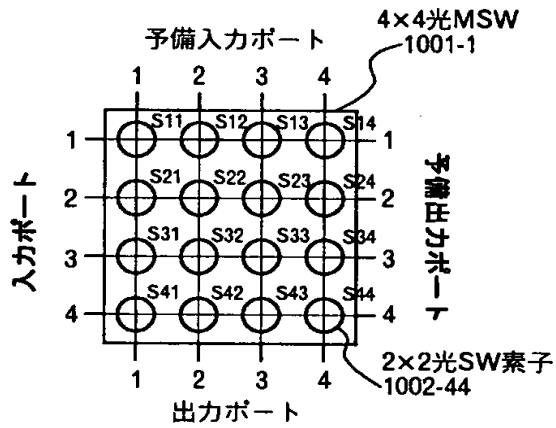
光 S W 素子の列番号																
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	S0109	S0209	S0211	S0411	S0415	S0215	S0213	S0113	S0105	S0205	S0207	S0407	S0403	S0203	S0201	S0101
02	S0210	S0111	S0409	S0212	S0216	S0413	S0115	S0214	S0206	S0107	S0405	S0208	S0204	S0401	S0103	S0202
03	S0311	S0410	S0112	S0309	S0313	S0116	S0414	S0315	S0307	S0406	S0108	S0305	S0301	S0104	S0402	S0303
04	S0412	S0312	S0310	S0110	S0114	S0314	S0316	S0416	S0408	S0308	S0306	S0106	S0102	S0302	S0304	S0404
05	S0513	S0613	S0615	S0815	S0811	S0611	S0609	S0509	S0501	S0601	S0603	S0803	S0807	S0607	S0605	S0505
06	S0614	S0515	S0813	S0616	S0612	S0809	S0511	S0610	S0206	S0503	S0801	S0604	S0608	S0805	S0507	S0606
07	S0715	S0814	S0516	S0713	S0709	S0512	S0810	S0711	S0703	S0802	S0504	S0701	S0705	S0508	S0806	S0707
08	S0816	S0716	S0714	S0514	S0510	S0710	S0712	S0812	S0804	S0704	S0702	S0502	S0506	S0706	S0708	S0808
09	S0901	S1001	S1003	S1203	S1207	S1007	S1005	S0905	S0913	S1013	S1015	S1215	S1211	S1011	S1009	S0909
10	S1002	S0903	S1201	S1004	S1008	S1205	S0907	S1006	S1014	S0915	S1213	S1016	S1012	S1209	S0911	S1010
11	S1103	S1202	S0904	S1101	S1105	S0908	S1206	S1107	S1115	S1214	S0916	S1113	S1109	S0912	S1210	S1111
12	S1204	S1104	S1102	S0902	S0906	S1106	S1108	S1208	S1216	S1116	S1114	S0914	S0910	S1110	S1112	S1212
13	S1305	S1405	S1407	S1607	S1603	S1403	S1401	S1301	S1309	S1409	S1411	S1611	S1615	S1415	S1413	S1313
14	S1406	S1307	S1605	S1408	S1404	S1601	S1303	S1402	S1410	S1311	S1609	S1412	S1513	S1316	S1315	S1414
15	S1507	S1606	S1308	S1505	S1501	S1304	S1602	S1503	S1511	S1610	S1312	S1509	S1513	S1316	S1614	S1515
16	S1608	S1508	S1506	S1306	S1302	S1502	S1504	S1604	S1612	S1512	S1510	S1310	S1314	S1514	S1516	S1616

光 S W 素子の行番号

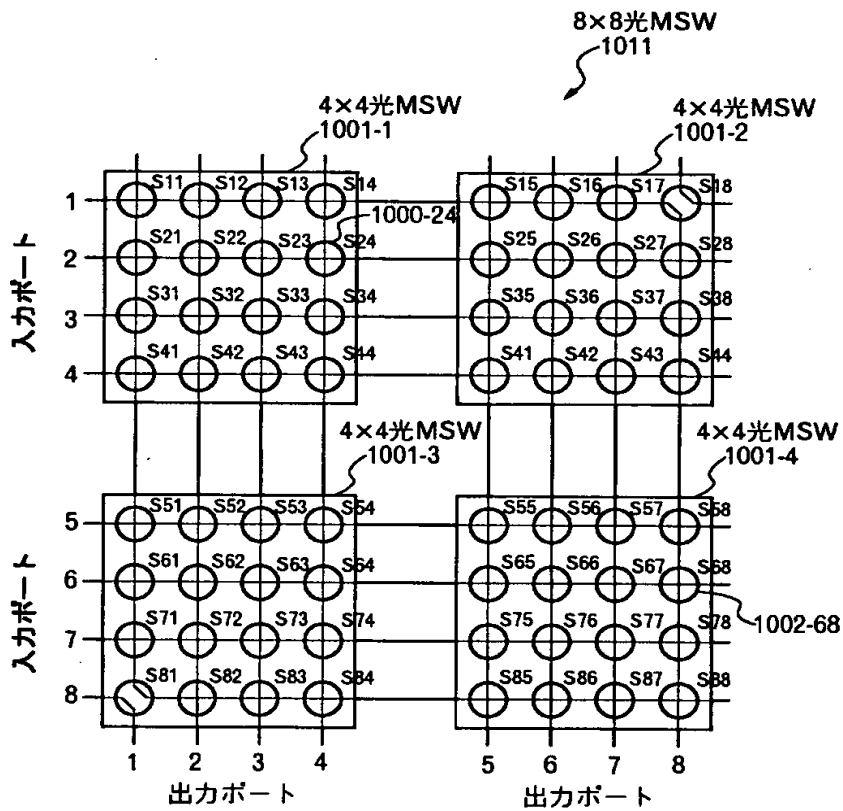
【図13】

従来の光スイッチの拡張方法を説明する図

A.



B.



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、光損失を低減することができる光スイッチ拡張方法および該方法を利用した光スイッチと光クロスコネクタ装置とに関する。

【解決手段】 本発明の光スイッチは、複数の2入力2出力の光スイッチ素子をマトリクス状に配列して、複数の入力ポート、予備入力ポート、出力ポートおよび予備出力ポートを形成する第1ないし第4光マトリクススイッチ（光MSW）11-1～11-4を備え、第1光MSW11-1の複数の予備出力ポートを第3光MSW11-3の複数の入力ポートにそれぞれ接続し、第2光MSW11-2の複数の出力ポートを第3光MSW11-3の複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、第1光MSW11-1の複数の出力ポートを前記第4光MSW11-4の複数の予備入力ポートにそれぞれ接続し、第2光MSW11-2の複数の予備出力ポートを第4光MSW11-4の複数の入力ポートにそれぞれ接続して成る。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社

~